



**LAPORAN AKHIR
PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

**MODEL BARU *ADVANCED PACKAGING*
MELALUI MEKANISME AKTIF *OXYGEN SCAVENGING* DARI
CHITOSAN UNTUK KEMASAN SUPLEMEN PANGAN
KECERDASAN BERBASIS ASAM LEMAK OMEGA-3 MINYAK IKAN**

**BIDANG KEGIATAN:
PKM-PENELITIAN**

Disusun oleh:

Sheilla Amanda	C34100060	2010
Chalida Syari	C34100049	2010
Tb M.Gia Ginanjar	C34100057	2010
Eka Putri S	C34110052	2011

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2014**

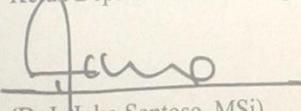
PENGESAHAN PKM-PENELITIAN

1. Judul Kegiatan : Model baru *advanced packaging* melalui mekanisme aktif *oxygen scavenging* dari *chitosan* untuk kemasan suplemen pangan kecerdasan berbasis asam lemak omega-3 minyak ikan
2. Bidang Kegiatan : PKMP (PKM-Penelitian)
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
- a. Nama Lengkap : Sheilla Amanda
 - b. NIM : C34100060
 - c. Jurusan : Teknologi Hasil Perairan
 - d. Universitas : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat Rumah dan No.HP : Jalan Raya Dramaga No. 19, kos PCH, Dramaga, Bogor/ 081318139456
 - f. Alamat email : sheillailla@gmail.com
4. Anggota Pelaksana Kegiatan : 4 orang
5. Dosen Pendamping
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si
 - b. NIDN : 0003066903
 - c. Alamat Rumah dan No.HP : Jl. Katelia III/23 Taman Yasmin, Bogor/ 08128022114
6. Biaya Kegiatan Total
- a. Dikti : Rp. 12.500.000,-
 - b. Sumber lain : -
7. Jangka Waktu Pelaksanaan : 5 bulan

Bogor, 10 April 2014

Menyetujui

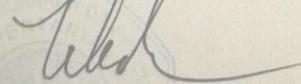
Ketua Departemen Teknologi Hasil Perairan



(Dr Ir Joko Santoso, M.Si)

NIP. 19670922 199203 1 003

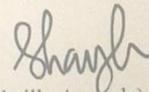
Wakil Rektor
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan



(Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS.)

NIP. 1958 1228 9850 31003

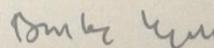
Ketua Pelaksana Kegiatan



(Sheilla Amanda)

C34100060

Dosen Pendamping



(Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si)

NIP. 19690603 199802 1001

RINGKASAN

Pasar global *advanced packaging* (*active, controlled, and intelligent packaging*) untuk produk pangan dan minuman diperkirakan mencapai \$31.4 juta. Kunci keberhasilan ini disebabkan dari makin meningkatnya standar hidup konsumen selain pengaruh globalisasi dan budaya lokal. *Active packaging* merupakan kemasan yang sengaja ditambahkan dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan kemasan tersebut dalam menjaga atau memelihara aspek kualitas, keamanan, dan sensori dari bahan pangan yang dikemasnya (Day 2008). Banyak bahan aktif berbeda yang dapat dimasukkan ke dalam bahan kemasan untuk meningkatkan fungsionalitas (Kerry *et al.* 2006). Penelitian pengemasan aktif saat ini terfokus pada penambahan bahan penyerap oksigen ke dalam lapisan kemasan (Kerry *et al.* 2006), namun sistem ini memiliki kapasitas penyerapan oksigen yang rendah (Byun *et al.* 2011, Byun dan Whiteside 2012).

Minyak ikan merupakan fraksi lemak yang diperoleh dari ekstraksi ikan atau sebagai salah satu hasil samping dari industri pengalengan ikan. Menurut Boran *et al.* (2006), kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi menyebabkan minyak ikan mudah mengalami kerusakan oksidatif dan menghasilkan bau yang tidak sedap (tengik). Penelitian Yu *et al.* (2013), membuktikan bahwa *chitosan* larut air dan selulosa yang ditambahkan *caffeic-acid* dapat menghambat oksidasi. Oleh sebab itu, penelitian melihat kemampuan komposit *chitosan* sebagai penangkap oksigen (*oxygen scavenging*) pada sediaan asam lemak omega-3 menjadi penting untuk dikembangkan.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model baru *advance packaging* melalui mekanisme aktif *oxygen scavenging* dari *chitosan* untuk kemasan suplemen pangan kecerdasan berbasis asam lemak omega-3 minyak ikan. Adapun manfaat lainnya adalah adanya kemasan model baru industri yang dapat melindungi sediaan asam lemak omega-3 dari oksidasi. Penelitian meliputi karakterisasi bahan dasar *active packaging* (Yaacob *et al.* 2009), preparasi dan pembuatan *active packaging film* (Liang *et al.* 2009), karakterisasi sifat fisik dan mekanis *active packaging* (El-Hefian *et al.* 2011 dan ASTM 1989), fungsionalisasi kemasan aktif pada lama penyimpanan produk minyak ikan dan karakterisasi mutu minyak ikan (0 hari, 7 hari, dan 14 hari) (modifikasi Yu *et al.* 2013).

DAFTAR ISI

PENGESAHAN PKM-PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR LAMPIRAN.....	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Perumusan Masalah	2
C. Tujuan	3
D. Luaran	3
E. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
Kemasan dan Perkembangan Teknologi Kemasan	4
Minyak Ikan dan Asam Lemak Omega-3	4
<i>Chitosan</i>	5
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	5
3.1. Waktu dan Tempat	5
3.2. Bahan dan Alat	5
3.3. Prosedur Penelitian.....	6
Karakteristik <i>Chitosan</i> (<i>Yaacob et al. 2009</i>)	6
Formulasi dan pembuatan <i>active packaging</i> (<i>Liang et al. 2009</i>).....	6
Karakterisasi sifat fisik dan mekanik dari film.....	6
Pengujian Umur Simpan Sediaan Asam Lemak pada <i>active packaging</i> (modifikasi <i>Yu et al. 2013</i>).....	7
Pengujian kualitas asam lemak omega-3 minyak ikan	7
Scanning Electron Microscopy (<i>Tripathi et al. 2009</i>)	7
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	8
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	19
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN.....	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Film <i>chitosan</i>	21
Lampiran 2 Tabel penggunaan dana	21
Lampiran 3 Bukti-bukti pendukung kegiatan	22

BAB 1 PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Industri pengemasan adalah industri terbesar ketiga di dunia (\$420 juta) dengan pengemasan makanan sebagai sektor utamanya. Banyak produk makanan baru yang diluncurkan sehingga mengalami tingkat persaingan yang tinggi, terlebih seiring dengan meningkatnya ketelitian dari konsumen (Kim *et al.* 2014). BCC Research (2013) melaporkan pasar global *advanced packaging (active, controlled, and intelligent packaging)* untuk produk pangan dan minuman diperkirakan mencapai \$31.4 juta dan diproyeksikan mendekati \$44.3 juta pada tahun 2017. Disampaikan juga bahwa kunci keberhasilan tersebut disebabkan dari makin meningkatnya standar hidup dan permintaan konsumen akan keamanan, kenyamanan, kesehatan, kesejahteraan, lingkungan hidup dan keberlangsungan penciptaan akan perubahan gaya hidup jangka panjang yang lebih baik. Globalisasi juga memiliki peran yang luar biasa, namun sampai batas tertentu pengaruh budaya lokal juga memiliki arti yang sangat penting.

Active packaging merupakan salah satu teknik kemasan dari *advanced packaging* (Han 2014). *Active packaging* merupakan kemasan yang sengaja ditambahkan dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan kemasan tersebut dalam menjaga atau memelihara aspek kualitas, keamanan, dan sensori dari bahan pangan yang dikemasnya (Day 2008). Banyak bahan aktif berbeda yang dapat dimasukkan ke dalam bahan kemasan untuk meningkatkan fungsionalitas (Kerry *et al.* 2006). Secara teknik, *active packaging* berprinsip pada migrasi atau difusi fase gas dari senyawa aktif yang dapat dicapai melalui kontak langsung antara makanan dan bahan kemasan (Ramos *et al.* 2013).

Melihat prinsip teknik yang ada dan karakter penyebab kerusakan bahan pangan, model kemasan aktif baru dengan menggunakan bahan penyerap oksigen (*oxygen scavengers*) mulai dikembangkan (Gohil dan Wysock 2013). Berbagai pendekatan sistem penyerapan oksigen yang telah dilakukan, antara lain mekanisme oksidasi besi (Polyakov dan Miltz 2010), oksidasi asam askorbat (Janjarasskul *et al.* 2011) dan oksidasi pewarnaan fotosensitif (Ahvenainen 2003), namun yang paling

banyak digunakan adalah prinsip dari oksidasi besi (Cecchi *et al.* 2010). Penyerap oksigen dari besi biasanya berbentuk *sachet* dan bahan ini diduga dapat berisiko terhadap kesehatan konsumen jika termakan dan tidak dapat digunakan untuk produk cair, sehingga saat ini lebih dikembangkan teknologi penyerap oksigen dalam bentuk *film* aktif (Byun *et al.* 2012).

B. Perumusan Masalah

Penelitian pengemasan aktif saat ini terfokus pada penambahan bahan penyerap oksigen ke dalam lapisan kemasan (Kerry *et al.* 2006). Penggunaan bahan alami sebagai penyerap oksigen juga akan memberikan manfaat tambahan, misalnya dengan memanfaatkan α -tokoferol dan FeCl_2 , namun sistem ini memiliki kapasitas penyerapan oksigen yang rendah jika dibandingkan dengan bubuk besi (Byun *et al.* 2011). Selain itu, teknik penyerapan oksigen dengan nano partikel juga telah dipakai, misalnya penggunaan *cyclodextrin inclusion complex*, akan tetapi kapasitas penyerapannya masih juga tergolong rendah (Byun dan Whiteside 2012).

Sebagaimana diketahui, *chitosan* merupakan kopolimer linier yang tersusun oleh 2000-3000 monomer D-glukosamin (GlcN) dalam ikatan β -(1,4) yang terdiri dari 2-amino-2-deoksi- β -D-glukopiranososa dan 2-asetil-2-deoksi-D-glikopiranososa (Prashanth dan Tharanathan 2007). Sebagai adsorben kitosan dapat digunakan secara langsung dalam bentuk serpihan,. Namun, telah banyak penelitian yang menggunakan kitosan dalam bentuk butiran, hidrogel, dan membran/*film*. Banyak peneliti juga telah memodifikasi struktur kitosan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi, kekuatan mekanik dan kestabilannya (Jin *et al.* 2004).

Minyak ikan merupakan fraksi lemak yang diperoleh dari ekstraksi ikan atau sebagai salah satu hasil samping dari industri pengalengan ikan yang dihasilkan karena pemanasan dan sterilisasi selama proses. Menurut Boran *et al.* (2006), kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi menyebabkan minyak ikan mudah mengalami kerusakan oksidatif dan menghasilkan bau yang tidak sedap (tengik). Penelitian Yu *et al.* (2013), membuktikan bahwa *chitosan* larut air dan selulosa yang ditambahkan *caffeic-acid* dapat menghambat oksidasi. Oleh sebab itu, penelitian

melihat kemampuan komposit *chitosan* sebagai penangkap oksigen pada sediaan asam lemak omega-3 menjadi penting untuk dikembangkan.

C. Tujuan

Mengembangkan model baru *advance packaging* melalui mekanisme aktif *oxygen scavenging* dari *chitosan* untuk kemasan suplemen pangan kecerdasan berbasis asam lemak omega-3 minyak ikan.

D. Luaran

1. Adanya karakterisasi bahan penyusun kemasan aktif
2. Adanya formulasi bahan yang tepat untuk membuat *film* kemasan aktif
3. Adanya pembuatan *film* dan model kemasan aktif dalam bentuk tutup botol yang awalnya berbentuk lembaran
4. Adanya karakterisasi sifat fisik dan mekanis kemasan aktif yang telah dibuat
5. Adanya pengujian masa simpan sediaan asam lemak omega-3 yang dilengkapi dengan pengujian kualitas asam lemak omega-3 dan kerusakan omega-3 selama penyimpanan
6. Adanya informasi mengenai kemampuan *chitosan* sebagai penyerap oksigen

E. Manfaat

1. Industri pangan dapat membuat kemasan model baru yang dapat mempertahankan kualitas dari bahan pangan
2. Industri farmasi dapat melindungi sediaan asam lemak omega-3 dari oksidasi sehingga kualitasnya tidak berkurang saat ingin digunakan sebagai produk suplemen dan produk lainnya
3. Industri perikanan karena dapat memanfaatkan limbah cangkang krustacea menjadi *chitosan* yang dapat digunakan sebagai penyerap oksigen

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Kemasan dan Perkembangan Teknologi Kemasan

Kemasan mempunyai fungsi mendasar yaitu mempermudah distribusi. Selain itu kemasan juga berfungsi melindungi makanan dari kondisi lingkungan, seperti cahaya, oksigen, kelembaban, mikroba, tekanan mekanis, dan debu. Beberapa jenis reaksi kerusakan bahan pangan, seperti hilangnya aroma, perubahan warna, hilangnya nutrisi, dan serangan mikroba dapat disebabkan oleh oksidasi (Bortolomeazzi *et al.* 2007) dan berbagai jenis penyerap oksigen telah dikomersialkan untuk digunakan sebagai kemasan makanan.

Perkembangan kemasan aktif dapat dilihat dari penelitian pengemasan aktif dan modifikasi atmosfer (MAP) dengan material multibarrier 60, met.BOPET/PE, dan Aluthen terbukti dapat memperpanjang masa simpan dari produk *confectionery* gula (*sherbet*) (Ungure *et al.* 2012). *Thermoplastic flour* (TPF) yang mengandung eugenol-loaded *chitosan nanoparticles* menunjukkan aktivitas penangkapan radikal yang besar (~1.3-3.3 folds), sehingga berpotensi untuk diaplikasikan sebagai bahan aktif (antioksidan) pada pengemasan makanan (Woranuch dan Yoksan 2013).

Minyak Ikan dan Asam Lemak Omega-3

Minyak ikan merupakan hasil ekstraksi lipid yang dikandung dalam ikan dan bersifat tidak larut dalam air. Sifat-sifat kimiawi dari minyak ikan secara umum adalah mudah teroksidasi oleh udara, mudah terhidrolisa (bersifat asam), dapat tersabunkan dan berpolimerisasi. Sedangkan sifat-sifat fisika minyak ikan adalah mempunyai berat jenis yang lebih kecil dari pada berat jenis air, membiaskan cahaya dengan sudut yang spesifik, mempunyai derajat kekentalan tertentu dan berwarna kuning emas (Swern 1982). Asam lemak omega-3 adalah asam lemak yang memiliki posisi ikatan rangkap pertama pada atom karbon nomor tiga dari ujung gugus metilnya. Sedangkan asam lemak omega-6 memiliki posisi ikatan rangkap pada atom karbon nomor enam dari ujung metil. Asam-asam lemak alami yang termasuk kelompok asam lemak omega-3 adalah asam linolenat (C18:3), *Eicosapentaenoic*

acid (C20:5) atau EPA dan *Docosahexaenoic acid* (C22:6) atau DHA (Ackman 1982).

Chitosan

Chitosan adalah poli-(2-amino-2-deoksi- β -(1-4)-D-glukopiranos) dengan rumus molekul $(C_6H_{11}NO_4)_n$ yang dapat diperoleh dari deasetilasi kitin. Penghilangan gugus asetil kitin meningkatkan kelarutannya, sehingga kitosan lebih banyak digunakan daripada kitin, antara lain industri kertas, pangan, farmasi, fotografi, kosmetika, fungisida, dan tekstil sebagai pengemulsi, koagulan, pengkelat serta pengental emulsi. Selain itu, *chitosan* juga bersifat nontoksik, biokompatibel, dan biodegradabel sehingga aman digunakan. *Chitosan* larut dalam pelarut organik, HCl encer, HNO₃ encer, H₃PO₄ 0.5%, dan CH₃COOH 1%, tetapi tidak larut dalam basa kuat dan H₂SO₄. *Chitosan* dalam kondisi berair, gugus amino (-NH₂) *chitosan* akan menangkap H⁺ dari lingkungannya, sehingga gugus aminonya terprotonasi menjadi -NH₃⁺. Gugus tersebutlah yang menyebabkan *chitosan* bertindak sebagai garam, sehingga dapat larut dalam air, analog dengan pelarutan garam dapur dalam air. Selain itu, muatan positif -NH₃⁺ dapat dimanfaatkan untuk adsorpsi (penyerapan) zat yang bermuatan negatif.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai Juli 2014. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biokimia Hasil Perairan, Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Laboratorium Analisis Bahan, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB, Balai Pengujian Mutu Barang Ekspor Impor Ciracas dan Laboratorium Geologi Kuartar, Puslitbang Geologi Laut, Bandung.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi *chitosan* (88.16%), asam asetat glasial, gliserol, PVA dan akuades, serta minyak ikan.

Alat yang digunakan meliputi, *magnetic stirrer*, *tensile strength and elongation tester Zwick/Roell Z005* untuk pengujian kuat tarik serta elongasi *film chitosan*, seperangkat alat pengukur *water vapor transmission rate*, viskometer *Brookfield LV (spindle 2, 50 rpm)*, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) (JEOL JSM-6510LA) (perbesaran 1000×, tegangan 20kV), dan *Fourier Transform Infra Red (FTIR) spektrofotometer* model Bruker Tensor 27 (rentang spektrum 4000-400 cm^{-1} , dengan standar KBr *beam splitter*).

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian meliputi karakterisasi bahan dasar *active packaging* (Yaacob *et al.* 2009), preparasi dan pembuatan *active packaging film* (Liang *et al.* 2009), karakterisasi sifat fisik dan mekanis *active packaging* (ASTM 2004, ASTM 2012, dan ASTM 2013), pengembangan model kemasan aktif (Gohil dan Wysock 2013), fungsionalisasi kemasan aktif pada lama penyimpanan produk minyak ikan dan karakterisasi mutu minyak ikan (0, 24, 48, 72, 96, 120, 144 jam) (modifikasi Yu *et al.* 2013).

Karakteristik Chitosan (Yaacob *et al.* 2009)

Karakteristik *chitosan* dilakukan melalui analisis FTIR untuk melihat gugus fungsi yang dimiliki oleh *chitosan*.

Formulasi dan pembuatan *active packaging* (Liang *et al.* 2009)

Active packaging film dibuat dengan komposisi 100 ml larutan *chitosan* 2%, 100 ml PVA 8% dan 1 ml gliserol yang dicampur hingga homogen dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan *chitosan* dibuat dengan cara melarutkan 2 gram serbuk *chitosan* dalam 100 ml asam asetat 1% selama 1 jam menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan PVA 8% dibuat dengan mencampurkan 24 gram PVA dalam 300 ml akuades pada suhu 90 °C. Campuran 3 komponen tersebut kemudian dituang dalam cetakan dengan volume 12 ml untuk dioven selama 24 jam pada suhu 40 °C. Setelah itu *film* dikering anginkan dan dilepaskan dari cetakan.

Karakterisasi sifat fisik dan mekanik dari film

Pengukuran ketebalan *film chitosan* mengacu (ASTM 2004). Ketebalan material diukur dengan menggunakan alat pengukur ketebalan digital *Adamel*

Lhomargy M120 (ketelitian 0,001 mm) pada 10 titik acak kemudian nilainya dikalkulasikan. Nilai kekuatan tarik (ASTM 2013) dihitung dengan menggunakan alat *tensile strength and elongation tester strograph Zwick/Roell Z005* ditentukan berdasarkan beban maksimum pada saat *film* terputus/pecah dan elongasi dihitung dari penambahan panjang *film* sampai *film* putus/pecah. Laju transmisi uap air (ASTM 2012) diukur dengan menggunakan *water vapor transmission rate (WVTR) tester* Bergerlahr metode cawan. Membran berdiameter 7 cm dikondisikan pada ruangan bersuhu 22 °C dan RH 70-80% (24 jam). Sampel diletakkan di atas cawan yang telah dimuati bahan desikan (*silica gel*) sedemikian rupa sehingga permukaan desikan berjarak 3 mm dari membran uji. Tepian membran dilekatkan dengan bibir cawan menggunakan bekuan parafin cair. Berat membran dan sistem cawan mula-mula ditimbang. Cawan ditimbang setiap hari (pada jam yang hampir sama) dan ditentukan pertambahan berat (gram) dan waktu (jam).

Pengujian Umur Simpan Sediaan Asam Lemak pada *active packaging* (modifikasi Yu *et al.* 2013)

Kemasan aktif ditempelkan pada tutup dari botol yang digunakan untuk sediaan asam lemak. Kemudian disimpan selama 144 jam dengan jeda waktu 24 jam. Pada jam ke-0, ke-24, ke-48, ke-72, ke-96, ke-120 dan ke-144 dilakukan pengujian kualitas asam lemak omega-3 minyak ikan untuk mengetahui pengaruhnya.

Pengujian kualitas asam lemak omega-3 minyak ikan

Pengujian kualitas asam lemak omega-3 minyak ikan dilakukan dengan pengujian bilangan iod metode Wijs (AOAC 1984), analisis bilangan peroksida (AOAC 1995), analisis asam lemak bebas (%FFA) (AOAC 2005).

Scanning Electron Microscopy (Tripathi *et al.* 2009)

Analisis SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari *active packaging film* yang telah dibuat. Sampel diperkecil ukurannya hingga berukuran 1x1 cm kemudian diletakkan di depan lensa kamera. Hasil yang didapat berupa gambar dari morfologi sampel yang dilihat menggunakan alat JEOL JSM-6510LA Philips (perbesaran 1000 kali, tegangan 20kV).

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *Chitosan*

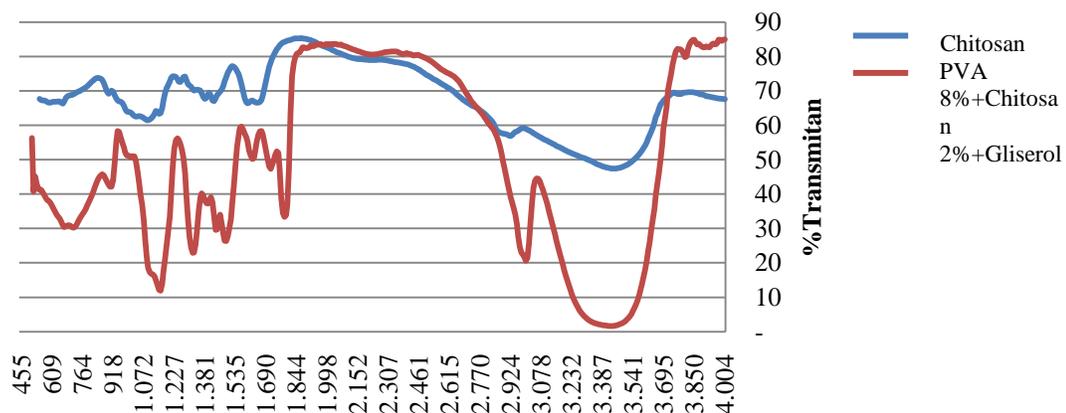
Chitosan yang digunakan adalah *chitosan* jenis *food grade* dengan derajat deasetilasi sebesar 88.16 %. *Certificate of analysis* dari *chitosan* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 *Certificate of Analysis Chitosan*

<i>Items</i>	<i>Specification Standard</i>	<i>Test Result</i>
<i>Appearance</i>	<i>Off white- Pure white</i>	<i>Off white</i>
<i>Degree of Deacetylation</i>	85-89 %	88.16%
<i>Viscosity</i>	100-500 cps	57.30 cps
<i>Moisture content</i>	≤ 10%	7.90 %
<i>Ash content</i>	≤ 1.5%	0.73 %
<i>Particle size</i>	<i>Flake - Powder</i>	# 20-30
pH	7-8	<i>complies</i>

Spektroskopi Gugus Fungsi Membran Komposit *Chitosan*

Spektroskopi FTIR digunakan untuk identifikasi gugus kimia polimer (*chitosan*) dan memeriksa formasi ikatan taut silang campuran dengan PVA (Gambar 1). Interpretasi spektrum berkisar antara 447-4004 cm⁻¹, dimana pada rentang 1200-4000 cm⁻¹ disebut *group frequency* dan 400-1200 cm⁻¹ disebut *fingerprint regions* sehingga 1450 cm⁻¹ adalah transisi vibrasi *stretching* dan *bending*.



Gambar 1 Grafik FTIR

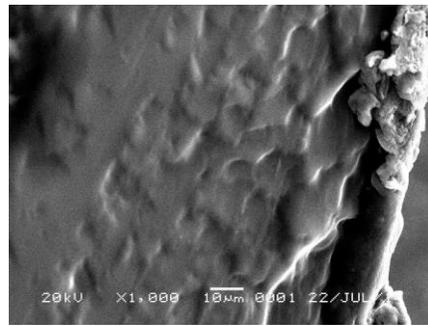
Spektrum serapan intensitas tinggi gugus OH- terikat NH⁺ pada rentang 3788-3217 cm⁻¹ diduga akibat peningkatan laju ionisasi molekul air bergugus fungsi pada *chitosan* dan PVOH. Setiap molekul O-H bervibrasi regang menunjukkan terjadinya ikatan hidrogen antara gliserol dengan *chitosan* (selulosa). Gugus alkohol atau hidroksil merupakan prekursor ikatan hidrogen (Meneghello *et al.* 2008) antar molekul sehingga mempererat struktur membran. Gugus karbonil (C=O) terlihat pada daerah 1820-1600 cm⁻¹. Gugus alkohol (-OH) terlihat dengan adanya serapan melebar pada sekitar 3500-3300 cm⁻¹ (dikonformasi dengan asam karboksilat) dan diperkuat dengan serapan C-O pada sekitar 1300-1000 cm⁻¹. Amina (N-H) ditunjukkan dengan serapan medium pada sekitar 3500 cm⁻¹ (dikonformasi dengan amida).

Gugus fungsi sejenis di setiap sampel memiliki perbedaan bilangan gelombang yang tidak berbeda jauh. Hasil ini menandakan bahwa *chitosan*, gliserol, dan PVOH berikatan kimia dengan baik serta mewarisi sifat-sifat unggul polimer penyusunnya. Perubahan bilangan gelombang ini dapat terjadi akibat interaksi antara gugus-gugus dari bahan-bahan yang dicampurkan (Zhang *et al.* 2007).

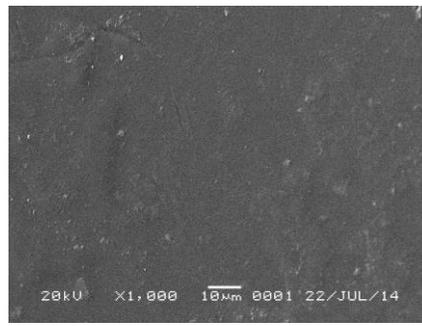
Morfologi film PVA dan komposit *chitosan*

Membran bersifat lentur, tekstur kompak hingga tekstur kenyal. Kelenturan dan tekstur penanda peningkatan kualitas mekanik secara tidak langsung karena penambahan PVOH dan gliserol sebagai agen *plasticizer*. Gliserol adalah *plasticizer* berbasis asam amino *polyols*, yang merupakan gula-gula nabati (Mao *et al.* 2002); menjembatani polimerisasi dan ikatan *cross-linking* (taut silang) *chitosan*-PVA. Larutan PVA merupakan *plasticizer* berbasis turunan resin plastik polistirena (Stammen *et al.* 2001) yang diduga membentuk struktur kompak tersendiri seperti plastik (tanpa penambahan *chitosan* dan gliserol).

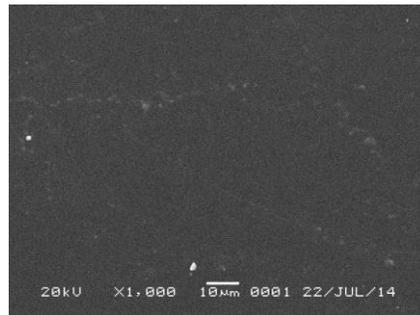
Permukaan membran licin serta lengket diduga akibat dehidrasi larutan dasar membran menyisakan molekul air, ketika gugus alkohol telah teruapkan. Molekul air memiliki titik didih (titik uap) 100°C (belum menguap pada suhu 60°C), sehingga permukaan agak basah dan licin. Jarak antar molekul padatan terlarut semakin merenggang (Park & Chinnan 1995) akibat proses penguapan, membentuk pori (Mao *et al.* 2002) sekaligus memaksa komponen terlarut merapat membentuk struktur solid.



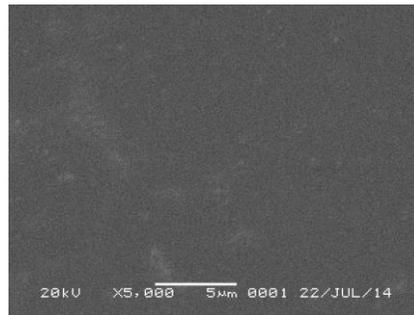
PVA 8% (1000x, cross)



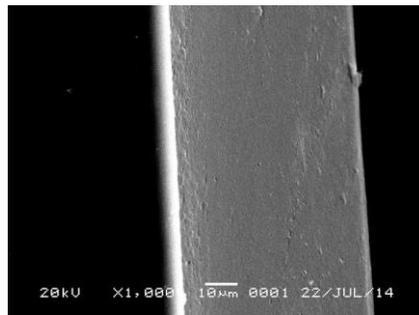
PVA 8% (1000x)



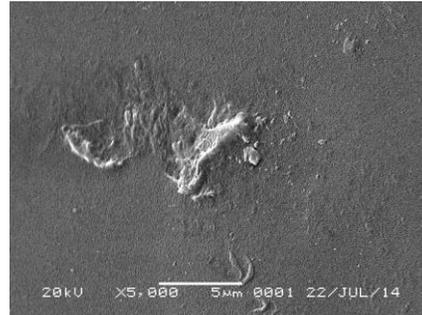
Komposit (1000x)



Komposit (5000x)



Komposit (1000x, cross)



PVA 8% (5000x)

Gambar 2 Hasil analisis SEM *film*

Sesuai hasil Costa-Junior *et al.* (2011) dengan perbesaran 2500 kali, granula merupakan bentuk khas dari komposit PVOH dalam membran. Granula terlihat lebih tersebar acak pada perbesaran lebih tinggi, yang mungkin disebabkan oleh beberapa pemisahan fase yang mungkin terjadi karena berbeda pertautan silang kinetika *chitosan* dan PVOH. Granula PVOH besar di permukaan memperbesar sudut pantul gelombang & mereduksi intensitas tekanan udara (Kinsler *et al.* 2000). Menurut hasil Tripathi *et al.* (2009) dengan perbesaran 2500 kali, bintik yang tersusun secara teratur membentuk kumpulan rongga mikro dibatasi kerangka ikatan gugus fungsi,

berbentuk seperti bintik/matriks selulosa (Othman *et al.* 2011) di antara granula. Ketika waktu dehidrasi bertambah cenderung meningkatkan kerapatan membran, karena ketika pelarut diuapkan. Larutan polimer yang masih berbentuk cair bergerak mengisi pori sehingga menghasilkan pori yang lebih rapat dibanding tanpa penguapan pelarut (Meneghello *et al.* 2008). Interaksi polimer dominasi gliserol dengan PVOH menciptakan suasana basa (Mao *et al.* 2002) sehingga ionisasi gugus hidroksil (O-H) meningkat pesat; menyebabkan adanya transmisi uap air dari lingkungan ke membran komposit.

Karakteristik mekanik dan fisik *film chitosan*

Karakteristik mekanik dan fisik yang dilakukan terhadap *film chitosan* meliputi ketebalan, nilai kuat tarik dan nilai perpanjangan serta laju transmisi uap air. Sifat mekanik dari model membran sebagian erat kaitannya dengan distribusi dan kerapatan dari interaksi intermolekular dan intramolekular jaringan pada membran komposit. Penambahan *chitosan* dan gliserol terhadap nilai kuat tarik dan perpanjangan memberikan hasil yang cukup berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *film* PVA 8% memiliki nilai ketebalan, kuat tarik dan perpanjangan yang lebih besar dibandingkan dengan *film* komposit *chitosan* 2% + PVA 8% + gliserol. Nilai dari masing-masing karakteristik tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Karakteristik mekanik *film chitosan*

Sampel	Ketebalan (mm)	Kuat Tarik (N)	Perpanjangan (%)
Chitosan 2%+PVA 8%+gliserol	0.052 ± 0.003	28.93 ± 2.82	151.37 ± 11.38
PVA 8%	0.056 ± 0.006	52.78 ± 7.22	158.85 ± 6.92

Hasil pengujian karakteristik mekanik *film chitosan* untuk *film* komposit *chitosan* 2% + PVA 8% + gliserol memiliki ketebalan 0,052±0,003 mm, kuat tarik sebesar 28,93±2,82 N, dan persentase perpanjangan sebesar 151,37±11,38%. Pengujian karakteristik fisik untuk film PVA memiliki ketebalan 0,056±0,006 mm, kuat tarik sebesar 52,78±7,22 N, dan persentase perpanjangan sebesar 158,85±6,92 %.

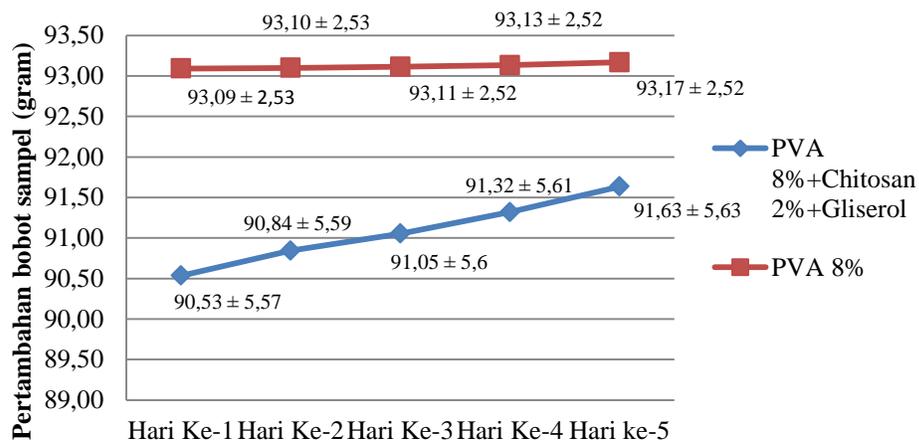
Menurut hasil penelitian Kim *et al.* (2008), kekuatan tarik komposit *chitosan* lebih didominasi pengaruh konsentrasi *chitosan* akibat kemampuan meng-ion secara aktif membentuk kompleks matriks. Peningkatan nilai kuat tarik ini selaras dengan terbentuknya ikatan hidrogen yang kuat dari interaksi antara *chitosan*, gliserol dan PVOH. Menurut Zhou *et al.* (1990) adanya gugus CH_2 dan OH^- dari PVA akan membentuk ikatan hidrogen bila bertemu dengan gugus hidrokarbon dan amina sehingga menghasilkan ikatan hidrogen yang kuat, secara simultan meningkatkan nilai kuat tarik.

Elongasi membran komposit dipengaruhi sifat plastis dari gugus vinil-klorida pada PVOH (Stammen *et al.* 2001) serta pengaruh konsentrasi gliserol (Kim *et al.* 2008). Gugus OH pada gliserol menjembatani polimerisasi *chitosan*-PVOH sehingga memperlambat pemutusan ikatan hidrogen keduanya (Mao *et al.* 2002). Peningkatan nilai elongasi ini selaras dengan terbentuknya pori kecil dalam jumlah banyak di permukaan membran antara matriks *chitosan*, gliserol dan rantai polimer PVOH.

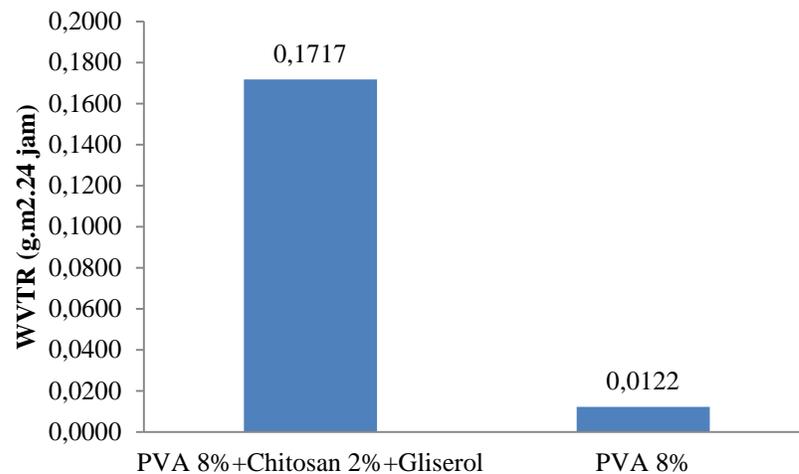
Pengujian laju transmisi uap air ditandai dengan pertambahan bobot cawan uji pada waktu tertentu. Leceta *et al.* (2013) menyatakan bahwa kenaikan bobot terjadi akibat interaksi antara gugus hidrofilik pada bahan dengan uap air di udara. Kecepatan molekul air dalam fase uap/gas melalui suatu unit luasan membran akibat adanya perbedaan tekanan uap air antara bahan dengan lingkungan pada suhu dan kelembaban tertentu. Peningkatan bobot membran harian berkorelasi positif dengan kelajuan transmisi uap air masing-masing membran. Proses penyerapan uap air pada membran/film terdiri dari adsorpsi dan difusi molekul air dalam matrik polimer (Hernandes *et al.* 1999).

Kedua sampel *film* dari campuran larutan yang berbeda dihitung pertambahan bobotnya pada uji laju transmisi air dari hari ke-1 hingga hari ke-5. *Film chitosan* untuk sampel campuran *chitosan* 2%, PVA 8%, dan gliserol mengalami pertambahan bobot mulai dari hari ke-1 hingga hari ke-5 berturut-turut sebesar $90,53 \pm 5,57$; $90,84 \pm 5,59$; $91,05 \pm 5,6$; $91,32 \pm 5,61$; dan $91,63 \pm 5,63$ (gram). Pertambahan bobot *film chitosan* untuk sampel PVA 8% mulai dari hari ke-1 hingga hari ke-5 berturut-turut sebesar $93,09 \pm 2,53$; $93,10 \pm 2,53$; $93,11 \pm 2,52$; $93,13 \pm 2,52$; dan $93,17 \pm 2,52$ (gram).

Pengujian laju transmisi uap air untuk sampel campuran 2% *chitosan*, 8% PVA, dan gliserol yaitu sebesar $0.1717 \text{ g.m}^2.24 \text{ jam}$. Sampel PVA 8% memiliki nilai laju transmisi uap air sebesar $0.0122 \text{ g.m}^2.24 \text{ jam}$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sampel film PVA kurang dapat menyerap uap air dilingkungannya, hal itu ditandai dengan rendahnya pertambahan bobot dan nilai akhir laju transmisi uap airnya. Sementara itu komposit *chitosan*, PVA dan gliserol mengalami pertambahan bobot yang jauh lebih besar dari film PVA, hal tersebut menunjukkan bahwa struktur silang secara efektif dapat meningkatkan *barrier property* air pada *film*. Pertambahan bobot dan perhitungan akhir pada pengukuran laju transmisi uap air dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Grafik pertambahan bobot sampel



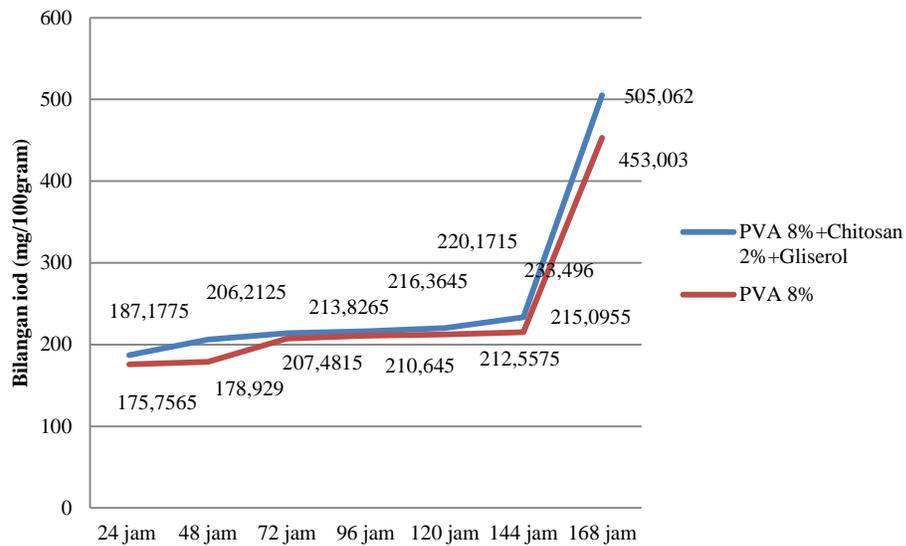
Gambar 4 Laju transmisi uap air sampel *film*

Keberadaan *plasticizer* hidrofilik seperti gliserol dapat meningkatkan nilai transmisi uap air karena membentuk *film* biopolimer sehingga terjadi peningkatan volume bebas antara rantai polimer (Kolodziejska dan Piotrowska 2007) serta dapat meningkatkan difusi oksigen ke dalam material bahan (Mao *et al.* 2002).

Pengujian kualitas asam lemak omega-3 minyak ikan

Analisis bilangan iod

Bilangan iod adalah sifat kimia minyak yang dipakai untuk mengetahui banyaknya ikatan rangkap atau ikatan tidak jenuh dalam minyak. Asam lemak tidak jenuh dalam minyak atau lemak mampu menyerap sejumlah iod dan membentuk ikatan jenuh. Besarnya jumlah iod yang diserap oleh minyak inilah yang menunjukkan banyaknya ikatan rangkap. Bilangan iod dinyatakan dalam jumlah gram iod yang diserap dalam 100 gram minyak atau lemak. Hasil analisis bilangan iod dapat dilihat pada Gambar 5.

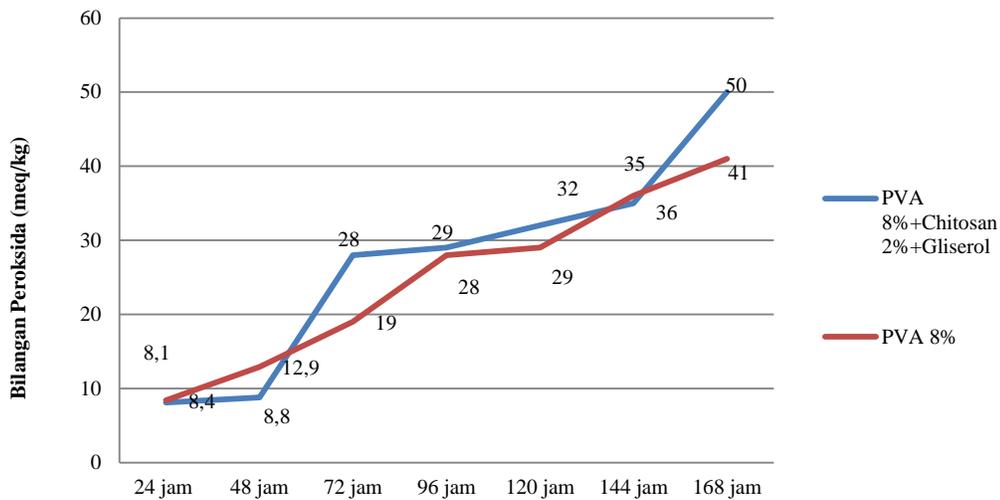


Gambar 5 Grafik hasil analisis bilangan iod simpanan minyak ikan

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan, bilangan iod dari simpanan minyak ikan terus mengalami peningkatan. Simpanan minyak ikan yang ditambahkan film komposit memiliki nilai bilangan iod yang lebih tinggi dibandingkan simpanan minyak ikan yang ditambahkan film PVA 8%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan film komposit tidak dapat mempertahankan nilai bilangan iod dari simpanan minyak ikan dengan baik. Faktor yang mempengaruhi nilai bilangan iod yaitu tempat penyimpanan, cahaya, suhu serta kandungan asam lemak jenuh dalam minyak tersebut.

Analisis bilangan peroksida

Analisis bilangan peroksida ini dilakukan untuk mengukur peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk pada tahap awal reaksi oksidasi lemak. Kadar peroksida dapat dengan cepat terdegradasi dan terakumulasi cukup tinggi (Raharjo 2006). Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik hasil analisis bilangan peroksida simpanan minyak ikan

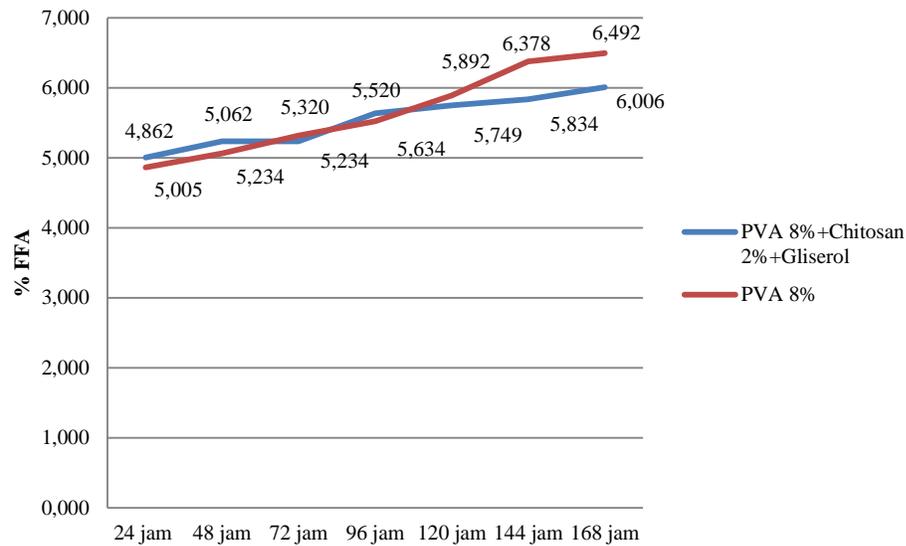
Grafik di atas menunjukkan bahwa film komposit memiliki bilangan peroksida yang lebih kecil daripada film PVA 8% pada jam ke-24 dan jam ke-48 yaitu sebesar 8.1 meq/kg dan 8.8 meq/kg. Namun pada jam ke-72 hingga jam ke-168 film komposit memiliki bilangan peroksida yang lebih tinggi dari film PVA 8%. Hidroperoksida lemak adalah produk antara yang bisa diperoleh dari asam lemak tidak jenuh, fosfolipid, glikolipid, kolesterol ester dan kolesterol. Hidroperoksida memiliki sifat non-radikal dan dibentuk melalui reaksi enzimatik maupun non-enzimatik yang melibatkan senyawa-senyawa yang dikenal dengan *reactive oxygen species* (ROS). Terdapat tiga mekanisme berbeda yang berperan dalam pembentukan peroksidasi lemak yaitu autooksidasi oleh reaksi radikal bebas, reaksi yang melibatkan enzim, dan foto-oksidasi. Autooksidasi adalah proses rantai-radikal yang terdiri dari tiga tahapan (inisiasi, propagasi, terminasi). Peroksidasi enzimatik adalah reaksi pembentukan peroksidasi lemak yang melibatkan enzim. Enzim yang berperan sebagai katalis adalah lipooksigenase. Enzim tersebut mengkatalis reaksi antara O_2 dan asam lemak tidak jenuh kecuali asam oleat. Siklooksigenase juga merupakan enzim yang mengkatalis penambahan oksigen ke berbagai asam lemak tidak jenuh. Hasil dari reaksi tersebut adalah endoperoksida yang menjadi produk antara dalam transformasi asam lemak menjadi prostaglandin. Mekanisme yang terakhir yaitu foto-

oksidasi. Reaksi ini berlangsung jauh lebih cepat dibandingkan dengan autooksidasi (Raharjo 2006).

Hasil penelitian Aminah (2010) menyatakan terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi oksidasi diantaranya oksigen, suhu tinggi, dan cahaya. Ketidaktepatan cara pengemasan minyak sebelum proses analisa diduga mengakibatkan terjadinya kontak antara minyak dengan udara dan cahaya. Hal tersebut menjadi katalisator oksidasi. Oksidasi yang terjadi dapat meningkatkan bilangan peroksida pada minyak. Bilangan peroksida yang tinggi menunjukkan minyak sudah mengalami oksidasi, namun bilangan yang rendah belum tentu mengindikasikan kondisi oksidasi dini. Bilangan peroksida yang relatif rendah dapat terjadi akibat laju pembentukan peroksida baru lebih kecil bila dibandingkan dengan laju degradasinya menjadi senyawa lain (Raharjo 2006). Hasil penelitian Estiasih dan Ahmadi (2012) mengatakan penurunan bilangan peroksida pada minyak ikan hasil pemurnian terjadi akibat sebagian peroksida hasil oksidasi teremulsikan atau terserap pada fraksi tersabunkan. Pemurnian tersebut mengakibatkan fraksi tersabunkan terpisah dari bagian yang tidak tersabunkan (trigliserida).

Analisis Asam Lemak Bebas

Titration merupakan metode untuk menentukan kadar asam lemak bebas yang terdapat pada minyak. Angka asam lemak dinyatakan % asam lemak yang dianggap paling banyak terdapat pada sampel. Keberadaan asam lemak bebas mengindikasikan terjadinya ketengikan hidrolitik. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik hasil analisis asam lemak bebas

Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai asam lemak bebas mengalami peningkatan disetiap jamnya. Pada jam ke-72, ke-120, ke-144 dan ke-168 nilai asam lemak bebas pada simpanan minyak ikan yang ditambahkan film komposit memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan simpanan yang ditambahkan film PVA 8%, berturut-turut sebesar 5.234%, 5.749%, 5.834%, 6.006%. Meskipun perbedaannya tidak terpaut jauh antara keduanya. Sementara itu pada jam ke-24, ke-48 dan ke-96 simpanan minyak ikan yang ditambahkan film PVA 8% memiliki nilai asam lemak bebas yang lebih rendah yaitu berturut-turut sebesar 4.862%, 5.062% dan 5.520%. Oksidasi yang terjadi akan meningkatkan jumlah asam lemak bebas yang terdapat pada minyak ikan (Abdillah 2008). Kadar asam lemak bebas untuk minyak ikan yang sesuai standar IFOMA memiliki rentang antara 1–7%, sehingga minyak ikan yang digunakan masih dalam rentang standar IFOMA. Keberadaan film komposit diduga mampu menangkap oksigen yang merupakan salah satu penyebab terjadinya oksidasi sehingga dapat sedikit menghambat peningkatan nilai asam lemak bebas selama disimpan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan komposit film chitosan belum dapat dimanfaatkan secara efektif sebagai pencegah oksidasi pada simpanan sediaan asam lemak omega 3 minyak ikan. Setelah penyimpanan selama 7 hari ternyata hanya nilai peroksida yang dapat dihambat. Nilai asam lemak bebas dan bilangan iod belum dapat dihambat dengan baik melalui penambahan film tersebut.

Saran

Penelitian selanjutnya sebaiknya diberikan tambahan bahan yang benar-benar dapat menghambat oksidasi dan adanya desain baru berupa soft capsule untuk minyak ikan yang terbuat dari komposit chitosan.

DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] American Society for Testing and Material. 1989. *Annual Book ASTM Standards*. Philadelphia: ASTM
- Ackman RG. 1982. Fatty acid composition of fish oil. Di dalam: MS Barlow dan ME Stansby, editor. *Nutritional Evaluation of Long Chain Fatty Acid in Fish Oil*. London: Academic Press.
- Ahvenainen R. 2003. *Active and Intelligent Packaging*. New York: CRC Press. hlm 5-49.
- BCC Research. 2013. The advanced packaging solution market value for 2017 id projected to be nearly \$44.3 bilion. <http://www.bccresearch.com> [4 Maret 2014]
- Boran G, Karac H, Boran M. 2006. Changes in the quality of fish oils due to storage temperature and time. *Food Chemistry* 98: 693-698.
- Bortolomeazzi R, Sebastianutto N, Toniolo R, Pizzariello A. 2007. Comparative evaluation of the antioxidant capacity of smoke flavouring phenols by crocin bleaching inhibition, DPPH radical scavenging and oxidation potential. *Food Chemistry* 100 (4): 1481-1489.
- Byun Y dan Whiteside S. 2012. Ascorcyl palmitate- β -cyclodextrin inclusion complex as an oxygen scavenging microparticle. *Carbohydrate Polymers* 87: 2114-2119.
- Byun Y, Darby D, Cooksey K, Dawson P, Whiteside S. 2012. Development of oxygen scavenging system containing a natural free radical scavenger and a transition metal. *Food Chemistry* 124: 615-619.

- Byun Y, Whiteside S, Cooksey K, Darby D dan Dawson P. 2011. β -Tocopherol-loaded PCL nanoparticles as a heat activated oxygen scavenger. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 1428-1431.
- Cecchi T, Passamonti P, Cecchi P. 2010. Study of the quality of extra virgin olive oil stored in PET bottles with or without an oxygen scavenger. *Food Chemistry* 120: 730-735.
- Day BPF. 2008. Active Packaging of Food. In : *Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods*. England: John Wiley & Sons Ltd. hlm 75-96
- El-Hefian EA, Nasef MM, Yahaya AH. 2010. The preparation and characterization of chitosan/poly (vinyl alcohol) blended films. *Electronic Journal of Chemistry* 7 (4): 1212-1219.
- Han JH. 2014. A review of food packaging technologies and innovations. Di dalam: Han JH, editor. *Innovation in Food Packaging*. Second Edition. USA: Elsevier. hlm 3-12.
- Janjarasskul T, Tananuwong K, Krochta JM. 2011. Whey protein film with oxygen scavenging function by incorporation of ascorbic acid. *Journal of Food Science* 76 (9): 561-568.
- Kerry JP, O'Grady MN, Hogan SA. 2006. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based product. *Meat Science* 74: 113-130.
- Kim YT, Min B, Kim KW. 2014. General characteristics of packaging material for food system. Di dalam: Han JH, editor. *Innovation in Food Packaging*. Second Edition. USA: Elsevier. hlm 13-35.
- Liang S, Liu L, Huang Q, Kit LY. 2009. Preparation of single or double-network chitosan/poly(vinyl alcohol) gel films through selectively cross-linking method. *Carbohydrate Polymers* 77: 718-724.
- Polyakov VA dan Miltz J. 2010. Modeling of the humidity effect on the oxygen absorption by iron-based scavenging. *Journal of Food Science* 75 (2): 91-99.
- Ramos M, Beltran A, Valdes A, Peltzer M, Jimenez A, Garrigos Z, dan Zalkov G. 2013. Active packaging for fresh food based on the release of carvacrol and thymol. *Chemistry & Chemical Technology* 7 (3): 295-303.
- Swern D. 1982. Cooking oils, salad oils and salad dressing. Di dalam: D Swern, editor. *Bailey Industrial Oil and Fat Products*. New York: John Wiley and Sons. Hlm 315-314.
- Ungure E, Brasava SM, Dukalska L, Levkane V. 2012. Active packaging influence on the shelf-life of milk pomade sweet-sherbet. *Engineering and Technology* 67: 1357-1363.

- Woranuch S dan Yoksan R. 2013. Eugenol-loaded chitosan nanoparticles:II. Applicaton in bio-based plastics for active packaging. *Carbohydrate Polymers* 96: 586-592.
- Yaacob MH, Breedon, Kalantar, Wlodarski W. 2009. Comparative study of the gasochromic performance of Pd/WO₃ and Pt/WO₃ nanotextured thin *films* for low concentration hydrogen sensing. *Journal of Electrical Computer Engineering*.
- Yu SH, Hsieh HY, Pang JC, Tang DW, Shih CM, Tsai ML, Tsai YC, Mi FL. 2013. Active film for water soluble chitosan/cellulose composites incorporating releasable caffeic-acid for inhibition of lipid oxidationn fish oil emulsions. *Food Hydrocolloids* 32: 9-19.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Film *chitosan*



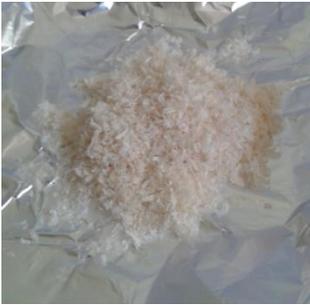
Gambar 1 *Film chitosan*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Lampiran 2 Tabel penggunaan dana

Material	Justifikasi pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Keterangan
Chitosan	bahan	100 gram	125.000	125.000
Alat uji FTIR	analisis	7	150.000	1.050.000
Uji SEM	analisis	8	137.500	1.100.000
Uji Ciracas	analisis			680.000
Pendaftaran Laboratorium	pengujian	5 bulan	150.000	150.000
CMC	bahan	1 kg	95.000	95.000
Asam asetat	bahan	1 botol	35.000	35.000
PVA	bahan	1 kg	100.000	100.000
Gliserol	bahan	1 kg	50.000	50.000

Spin bar 4 cm	alat	1 unit	42.500	42.500
Akubidest	bahan	500 ml	35.000	35.000
Akuades	bahan	10 L	5.000	5.000
Silica gel	bahan	100 gram	7.000	7.000
Petri dish	alat	2 pcs	25.000	50.000
Plastik klip	bahan	1 pcs	15.000	15.000
Label, Buku, Pulpen	alat	1 pcs	20.000	20.000
Bahan analisis minyak	bahan			4.070.800
Penyewaan oven	alat	14 hari	30000	420.000
Pulsa	komunikasi	4 orang	250.000	1.000.000
Perjalanan	transportasi	4 orang	346.375	1.385.500
Print, photocopy	admimistrasi	-	94.000	94.000
Total				10.806.600

Lampiran 3 Bukti-bukti pendukung kegiatan

		
<i>Chitosan</i>	Gliserol	PVA
		
Asam asetat	<i>Chitosan 2%</i>	PVA 8%

		
Akuades	Labu ukur	<i>Beaker glass</i>
		
<i>Magnetic stirrer</i>	Kompor listrik	<i>Oven</i>
		
Penstirreran	Penuangan ke cetakan	Pengovenan